

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-219611

(43)Date of publication of application : 18.08.1995

(51)Int.Cl.

G05B 19/18

B23Q 17/00

B23Q 17/09

G05B 19/404

(21)Application number : 06-008843

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 28.01.1994

(72)Inventor : IWASAKI TAKASHI

MORITA ATSUSHI

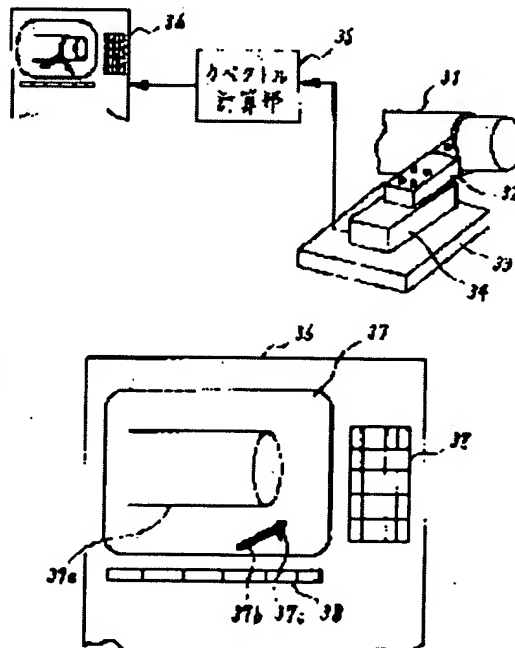
SATOU TOMONORI

(54) MACHINE TOOL AND MACHINE TOOL CONTROLLER

(57)Abstract:

PURPOSE: To make an operator easily recognize the state of machining from a display on a screen and to detect abnormality with high reliability, to restart the machining when the abnormality is unserious and can be repaired, and to perform highly precise control without being affected by disturbance by displaying the direction and intensity of a machining reaction force.

CONSTITUTION: A work 31 is driven and rotated, a tool 32 is set at a desired position through a moving table 33, and the work begins to be machined. Then the machining reaction force operates between the work 31 and tool 32 and is detected by a force sensor 34 and outputted as an electric signal. A vector calculation part 35 calculates the direction and intensity of a force vector on the basis of the electric signal. With the found force vector, a force vector image 37c generated in consideration of the direction and intensity is displayed from the abutting position between a work image 37a and a tool image 37b which moves in synchronism with the actual tool 32, and those tool image 37b and force vector image 37c are displayed varying with the momentarily varying machining state.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3606595

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-219611

(43) 公開日 平成7年(1995)8月18日

(51) IntCl ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 19/18				
B 2 3 Q 17/00	E			
17/09	A			
		7531-3H	G 0 5 B 19/ 18	X
		7531-3H		W

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-8843

(22) 出願日 平成6年(1994)1月28日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 岩崎 隆至
尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機
株式会社産業システム研究所内

(72) 発明者 森田 温
尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機
株式会社産業システム研究所内

(72) 発明者 佐藤 智典
尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機
株式会社産業システム研究所内

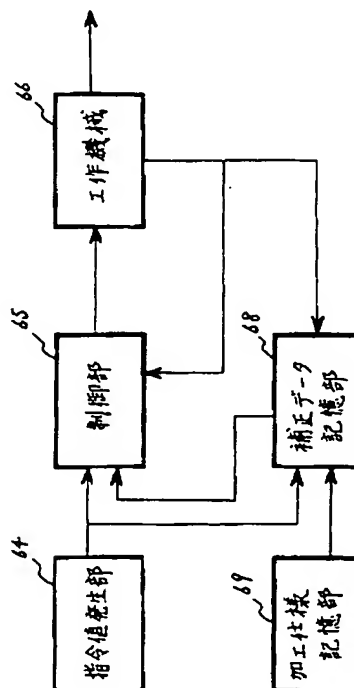
(74) 代理人 弁理士 高田 守

(54) 【発明の名称】 工作機械および工作機械制御装置

(57) 【要約】

【目的】 正確な動作制御が可能な工作機械制御装置を得る。

【構成】 工作機械66の動作を指令する指令値を生成する指令値発生部64と、工作機械66に取り付けられたワークまたは工具の各位置または回転角度にそれぞれ対応した補正値を予め設定して記憶し工作機械66の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する補正値を出力する補正データ記憶部68と、補正データ記憶部68から出力される補正値に基づいて工作機械66を動作させる動作制御部65とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工反力の方向と大きさを表示する加工反力表示部を備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項2】 切削点と、この切削点に作用する加工反力の方向および大きさを示す力ベクトルとを表示する加工反力表示部を備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項3】 加工反力の方向と大きさをワークと共に表示する加工反力表示部を備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項4】 加工反力の方向と大きさは主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値を基に算出されることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の工作機械制御装置。

【請求項5】 工作機械の異常を検知する異常検知部と、加工反力の方向と大きさを表示するとともに上記異常検知部で検知される異常をその認識内容に応じて予め設定された表示法で表示する加工反力表示部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項6】 工具の折損、チップング、切削工具とワークとの通常加工開始時以外の衝突、加工中のビビリおよび切削工具の摩耗量の少なくともいずれか一つを基に異常の認識を行うことを特徴とする請求項5記載の工作機械制御装置。

【請求項7】 異常の表示法は、異常の認識内容に応じて予め設定されたマークであることを特徴とする請求項5記載の工作機械制御装置。

【請求項8】 主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値を基に加工反力の方向と大きさを算出する加工反力算出部と、上記加工反力の変化状態から加工中の異常を検知する異常検知部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項9】 工作機械の異常を検知する異常検知部と、上記異常が検知されると予め設定された動作確認シーケンスで上記工作機械を動作させる動作確認シーケンス制御部と、上記動作確認シーケンス実行中の上記工作機械の動作状態から損傷の状況を順次判断する状況判断部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項10】 動作確認シーケンスは異常の種類に応じて複数設定されていることを特徴とする請求項9記載の工作機械制御装置。

【請求項11】 ワークとは別に動作確認用の第2のワークを常備していることを特徴とする工作機械。

【請求項12】 プログラムに基づき工作機械の通常動作を指令するための通常モード動作指令値を生成する通常モード動作指令値生成部と、上記プログラムを基に上記通常モード動作指令値より単位時間当たりの切削量を所望の値だけ低く設定した慎重モード動作指令値を生成する慎重モード動作指令値生成部と、上記工作機械の運

転状況から上記通常モード動作指令値または上記慎重モード動作指令値のいずれか一方を選択して出力する動作指令値選択部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項13】 工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、上記工作機械に取り付けられたワーク且つ/または工具の各位置且つ/または回転角度を変数とする補正値を予め設定して記憶し上記工作機械の動作中における上記ワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する上記補正値を出力する補正データ記憶部と、上記補正データ記憶部から出力される上記補正値に基づいて上記工作機械を動作させる動作制御部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項14】 補正値は加工の種類に対応してそれぞれ複数ずつ設定されていることを特徴とする請求項13記載の工作機械制御装置。

【請求項15】 工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、上記工作機械の加工の種類を予め記憶し上記工作機械で実行されている加工の種類を順次出力する加工仕様記憶部と、上記工作機械の加工の種類にそれぞれ対応した補正値を予め設定して記憶し上記加工仕様記憶部から出力される加工の種類に対応した補正値を出力する補正データ記憶部と、上記補正データ記憶部から出力される上記補正値に基づいて上記工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項16】 工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、上記工作機械に取り付けられたワーク且つ/または工具の各位置且つ/または回転角度を変数とする補正値を予め設定して記憶し上記工作機械の動作中における上記ワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する上記補正値を出力する補正データ記憶部と、上記工作機械の設置される環境の変化に応じて上記補正データ記憶部に記憶された上記補正値の更新を行う補正データ更新部と、上記補正データ記憶部から出力される上記補正値に基づいて上記工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【請求項17】 工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、上記工作機械に取り付けられたワーク且つ/または工具の各位置且つ/または回転角度を変数とする補正値を予め設定して記憶し上記工作機械の動作中における上記ワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する上記補正値を出力する補正データ記憶部と、上記指令値生成部で生成される指令値と上記工作機械の動作状態とから上記工作機械の誤差を検出し上記誤差あるいは誤差の評価値を演算しその結果を出力する誤差判定部と、上記誤差判定部の出力に応じて上記補正データ記憶部に記憶された上記補正

値の更新を行う補正データ更新部と、上記補正データ記憶部から出力される上記補正值に基づいて上記工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたことを特徴とする工作機械制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、例えば旋盤、フライス盤等のような工作機械を駆動制御する工作機械制御装置に係り、特に加工の状態の認識、信頼性の高い異常検知および精度の良い指令値への追従をそれぞれ可能にする工作機械制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図26は例えば三菱電機株式会社製工作機械制御装置(MELDAS-330HM-V)等に適用されている従来の工作機械制御装置の要部の概略構成を示す図である。図において、1は工作機械制御装置の本体、2はこの本体1の前面に具備された画面、3はメニューの選択、英数字等を入力するための入力キー、4は画面2に表示される工具マーク、5は工具の移動によって描画、表示される機械位置の軌跡である。

【0003】次に動作について説明する。まず、オペレータが入力キー3を操作してトレースモードを選択すると、画面2上に工具マーク4が表示される。そして、プログラムによる自動運転あるいは手動運転によって工作機械が駆動されると、画面2上の工具マーク4が移動し、その移動経路に機械位置の軌跡5が描画される。図26は工具マーク4が初期位置から移動を始め、最終的に元の位置に戻ってきた場合を示している。このように上記従来の工作機械制御装置によれば、トレースモードを持つことにより、オペレータは工作機械動作経路のチェックが容易に行え、プログラムの作成ミス等も簡単に発見できるようになされている。

【0004】又、図27は例えば特開昭58-51054号公報に示された従来の工作機械制御に適用される工具異常検知装置の構成を示すブロック図である。図において、6は制御対象としての工作機械、7はこの工作機械6上に装着される電動機、8はこの電動機7の駆動力を伝達する駆動力伝達装置、9は刃物台、10はこの刃物台9に固定される工具、11は電動機7を駆動制御する制御装置、12は電流測定器、13はAD変換器、14は積算器、15は切換回路、16は記憶装置、17は比率演算器、18は比較器、19は設定器、20は警報装置である。

【0005】次に動作について説明する。まず、工具、ワーク等が正常な状態で、制御装置11の駆動制御により工作機械6を動作させてモデル加工を行い、ある動作状態において電動機7を流れる電流値の積算値を、電流測定器12、AD変換器13および積算器14により求め、切換回路15を記憶装置16側に切り換えて記憶装置16にその値を記憶する。そして、実際の加工時に

は、モデル加工時における上記動作状態と同様の状態において電動機7を流れる電流値の積算値を、上記と同様の手順で求め、比率演算器17においてこの積算値と記憶装置16に記憶されている積算値との比を求める。

【0006】次に、比較器18において比率演算器17で求められた比と、設定器19で予め設定された異常と見なさない許容範囲の比とを比較し、比率演算器17で求められた比の方が上回っている場合は警報装置20により工具異常の警報を出力する。このように上記従来の工具異常検知装置によれば、モデル加工時の正常な状態で、電動機7を流れる電流値を基準値とし、実際の加工時に電動機7を流れる電流値が基準値からどのくらいずれるかにより工具異常を判断するようにしているので、単純なしきい値による判断よりは信頼性の高い判断ができるようになされている。

【0007】さらに又、図28は例えば特開昭63-269211号公報に示された工作機械制御装置の制御系の構成を示すブロック図である。図において、21は指令値発生部、22は制御部、23は補正值推定部、24は制御対象としての工作機械、25は指令値発生部21から出力される指令値、26は制御部22から出力されるモータ電圧等の操作量、27は補正值推定部23から出力される補正值、28は工作機械24から得られる位置、速度、電流等の状態量、29は工作機械24の位置等の出力である。

【0008】上記従来の工作機械制御装置は以上のように構成され、補正值推定部23により工作機械24から出力される状態量28を基に、この状態量28に応じたクーロン摩擦量を推定し、この値を工作機械24のいずれかの軸の進行方向が反転する際に、補正值27として制御部22に出力し、制御部22はこの補正值27を加味した操作量26で工作機械24を駆動制御することにより、進行方向反転時に生じる位置誤差を減少させるようになされている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図26に示す従来の工作機械制御装置は以上のように構成され、工具マーク4の軌跡5を描画するようにしているので、画面2上の表示からは工具位置の幾何学的な情報しか得られず、加工状態に関する情報を得ることができないという問題点があった。

【0010】又、図27に示す従来の工作機械制御装置は以上のように構成され、モデル加工時の正常な状態で電動機7を流れる電流値の積算値を基準値とし、実際の加工時に流れる電流値の積算値をこの基準値と比較することにより工具異常を判断するようにしているので、電動機7にノイズが入ると異常と見なししまい、また、電動機7が加工反力の影響を受けにくい場合には異常と見なされないため、異常検知の信頼性が低くなるという問題点があった。

【0011】さらに又、図28に示す従来の工作機械制御装置は以上のように構成され、工作機械24が動作中の状態量28に基づき、補正值推定部23で補正值を推定し、制御部22はこの補正值により指令値25を補正して工作機械を駆動制御するようにしている。他の軸の影響や加工等の外乱が加わると正確な補正值が得られず、また、補正值をその都度新たに推定し直している。推定値が雑音の影響を受け易い等という問題点があった。

【0012】この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、オペレータが画面上の表示から加工の状態を容易に認識することが可能な工作機械制御装置を提供することを目的とするものであり、又、より信頼性の高い異常検知を行うとともに、異常を検知した場合でもその異常が軽微で修復可能な場合には自動的に加工再開できるような制御が可能な工作機械制御装置を提供することを目的とするものであり、さらに又、外乱に影響されことなく高精度の制御が可能な工作機械制御装置を提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明の請求項1に係る工作機械制御装置は、加工反力の方向と大きさを表示する加工反力表示部を備えたものである。

【0014】又、この発明の請求項2に係る工作機械制御装置は、切削点と、この切削点に作用する加工反力の方向および大きさを示す力ベクトルとを表示する加工反力表示部を備えたものである。

【0015】又、この発明の請求項3に係る工作機械制御装置は、加工反力の方向と大きさをワークと共に表示する加工反力表示部を備えたものである。

【0016】又、この発明の請求項4に係る工作機械制御装置は、請求項1ないし請求項3のいずれかにおいて、加工反力の方向と大きさは主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値を基に算出するようにしたものである。

【0017】又、この発明の請求項5に係る工作機械制御装置は、工作機械の異常を検知する異常検知部と、加工反力の方向と大きさを表示するとともに異常検知部で検知される異常をその認識内容に応じて予め設定された表示法で表示する加工反力表示部とを備えたものである。

【0018】又、この発明の請求項6に係る工作機械制御装置は、請求項5において、工具の折損、チップング、切削工具とワークとの通常加工開始時以外の衝突、加工中のビビリおよび切削工具の摩耗量の少なくともいずれか一つを基に異常の認識を行うようにしたものである。

【0019】又、この発明の請求項7に係る工作機械制御装置は、請求項5において、異常の表示法は、異常の認識内容に応じて予め設定されたマークで行うようにし

たものである。

【0020】又、この発明の請求項8に係る工作機械制御装置は、主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値を基に加工反力の方向と大きさを算出する加工反力算出部と、加工反力の変化状態から加工中の異常を検知する異常検知部とを備えたものである。

【0021】又、この発明の請求項9に係る工作機械制御装置は、工作機械の異常を検知する異常検知部と、異常が検知されると予め設定された動作確認シーケンスで工作機械を動作させる動作確認シーケンス制御部と、動作確認シーケンス実行中の工作機械の動作状態から損傷の状況を順次判断する状況判断部とを備えたものである。

【0022】又、この発明の請求項10に係る工作機械制御装置は、請求項9において、動作確認シーケンスは異常の種類に応じて複数設定するようにしたものである。

【0023】又、この発明の請求項11に係る工作機械は、ワークとは別に動作確認用の第2のワークを常備するようにしたものである。

【0024】又、この発明の請求項12に係る工作機械制御装置は、プログラムに基づき工作機械の通常動作を指令するための通常モード動作指令値を生成する通常モード動作指令値生成部と、プログラムを基に通常モード動作指令値より単位時間当たりの切削量を所望の値だけ低く設定した慎重モード動作指令値を生成する慎重モード動作指令値生成部と、工作機械の運転状況から通常モード動作指令値または慎重モード動作指令値のいずれか一方を選択して出力する動作指令値選択部とを備えたものである。

【0025】又、この発明の請求項13に係る工作機械制御装置は、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械に取り付けられたワークまたは工具の各位置または回転角度にそれぞれ対応した補正值を予め設定して記憶し工作機械の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する補正值を出力する補正データ記憶部と、補正データ記憶部から出力される補正值に基づいて工作機械を動作させる動作制御部とを備えたものである。

【0026】又、この発明の請求項14に係る工作機械制御装置は、請求項13において、補正值は加工の種類に対応してそれぞれ複数ずつ設定するようにしたものである。

【0027】又、この発明の請求項15に係る工作機械制御装置は、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械の加工の種類を予め記憶し工作機械で実行されている加工の種類を順次出力する加工仕様記憶部と、工作機械の加工の種類にそれぞれ対応した補正值を予め設定して記憶し加工仕様記憶部から出力される加工の種類に対応した補正值を出力する補正デ

ータ記憶部と、補正データ記憶部から出力される補正值に基づいて工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたものである。

【0028】又、この発明の請求項16に係る工作機械制御装置は、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械に取り付けられたワーク且つ／または工具の各位置且つ／または回転角度を変数とする補正值を予め設定して記憶し工作機械の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する補正值を出力する補正データ記憶部と、工作機械の設置される環境の変化に応じて補正データ記憶部に記憶された補正值の更新を行う補正データ更新部と、補正データ記憶部から出力される補正值に基づいて工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたものである。

【0029】又、この発明の請求項17に係る工作機械制御装置は、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械に取り付けられたワーク且つ／または工具の各位置且つ／または回転角度を変数とする補正值を予め設定して記憶し工作機械の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する補正值を出力する補正データ記憶部と、指令値生成部で生成される指令値と工作機械の動作状態とから工作機械の誤差を検出し誤差あるいは誤差の評価値を演算しその結果を出力する誤差判定部と、誤差判定部の出力に応じて補正データ記憶部に記憶された補正值の更新を行う補正データ更新部と、補正データ記憶部から出力される補正值に基づいて工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたものである。

【0030】

【作用】この発明の請求項1における工作機械制御装置の加工反力表示部は、加工反力の方向と大きさを表示する。

【0031】又、この発明の請求項2における工作機械制御装置の加工反力表示部は、切削点と、この切削点に作用する加工反力の方向および大きさを示すベクトルとを表示する。

【0032】又、この発明の請求項3における工作機械制御装置の加工反力表示部は、加工反力の方向および大きさをワークと共に表示する。

【0033】又、この発明の請求項4における工作機械制御装置の加工反力表示部は、主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値を基に、加工反力の方向と大きさを算出し表示する。

【0034】又、この発明の請求項5における工作機械制御装置の加工反力表示部は、加工反力の方向と大きさを表示するとともに、異常検知部で検知される異常をその認識内容に応じて予め設定された表示法で表示する。

【0035】又、この発明の請求項6における工作機械制御装置の異常検知部は、請求項5における異常の認識

を工具の折損、チッピング、切削工具とワークとの通常加工開始時以外の衝突、加工中のビビリおよび切削工具の摩耗量の少なくともいずれか一つを基に行う。

【0036】又、この発明の請求項7における工作機械制御装置の加工反力表示部は、請求項5における異常の表示を異常の認識内容に応じて予め設定されたマークで行う。

【0037】又、この発明の請求項8における工作機械制御装置の異常検知部は、主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値を基に算出される加工反力の変化状態から加工中の異常を検知する。

【0038】又、この発明の請求項9における工作機械制御装置の動作確認シーケンス制御部は、異常が検知されると予め設定された動作確認シーケンスで工作機械を動作させ、状況判断部は、動作確認シーケンス実行中の工作機械の動作状態から損傷の状況を順次判断する。

【0039】又、この発明の請求項10における工作機械制御装置の動作確認シーケンス制御部は、請求項9における動作確認シーケンスを異常の種類に応じて複数設定する。

【0040】又、この発明の請求項11における工作機械は、ワークとは別に動作確認用の第2のワークを常備する。

【0041】又、この発明の請求項12における工作機械制御装置の動作指令値選択部は、工作機械の運転状況から通常モード動作指令値、または慎重モード動作指令値のいずれか一方を選択して出力する。

【0042】又、この発明の請求項13における工作機械制御装置の補正データ記憶部は、工作機械に取り付けられたワーク且つ／または工具の各位置且つ／または回転角度を変数とする補正值を予め設定して記憶し工作機械の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する補正值を出力する。

【0043】又、この発明の請求項14における工作機械制御装置の補正データ記憶部は、請求項13における補正值を加工の種類に対応してそれぞれ複数ずつ設定する。

【0044】又、この発明の請求項15における工作機械制御装置の加工仕様記憶部は、工作機械の加工の種類を予め記憶し工作機械で実行されている加工の種類を順次出力し、補正データ記憶部は、工作機械の加工の種類にそれぞれ対応した補正值を予め設定して記憶し加工仕様記憶部から出力される加工の種類に対応した補正值を出力する。

【0045】又、この発明の請求項16における工作機械制御装置の補正データ更新部は、工作機械の設置される環境の変化に応じて補正データ記憶部に記憶された補正值の更新を行う。

【0046】又、この発明の請求項17における工作機械制御装置の誤差判定部は、指令値生成部で生成される

指令値と工作機械の動作状態とから工作機械の誤差を検出し誤差あるいは誤差の評価値を演算しその結果を出力し、補正データ更新部は、誤差判定部の出力に応じて補正データ記憶部に記憶された補正值の更新を行う。

【0047】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の実施例を図に基づいて説明する。図1はこの発明の実施例1における工作機械制御装置の概略構成を示す図、図2は図1における画面表示部の構成を示す図、図3は図2における画面表示部の工作機械稼働中の状態を示す図である。

【0048】図において、31はワーク、32はこのワーク31を加工するための工具、33はこの工具32を移動するための移動テーブル、34は工具32と移動テーブル33との間に介在される力センサで、例えばストレインゲージを組み合わせて3軸方向の力が測定できるようになっている。35は力センサ34で測定された力をもとに、ワーク31と工具32との間にかかる加工反力の力ベクトルの方向と大きさを求める力ベクトル計算部、36は画面表示部、37はこの画面表示部36の前面に形成される画面、37aは画面37に表示されたワーク画像、37bは画面37に表示された工具画像、37cは画面37に表示された力ベクトル画像、38はメニューの選択、英数字等を入力するための入力キーである。

【0049】次に、上記のように構成された実施例1における工作機械制御装置の動作について工作機械が旋盤の場合を例に説明する。まず、オペレータが入力キー38を操作して力ベクトル表示モードを選択すると、図2に示すように、画面表示部36の画面37にはワーク画像37a、工具画像37bおよび力ベクトル画像37cが表示される。次いで、ワーク31が回転駆動され、工具32が移動テーブル33によって所望の位置に設定されると加工が開始される。

【0050】そうすると、ワーク31と工具32との間には加工反力が作用し、この加工反力は力センサ34によって検出され電気信号として出力される。そして、この電気信号を基にベクトル計算部35においては、力ベクトルの方向および大きさが算出される。このようにして求められた力ベクトルは、図3に示すように、ワーク画像37aと実際の工具32に同期して移動する工具画像37bとの当接位置から、方向と大きさが加味された力ベクトル画像37cが表示され、これらの工具画像37bおよび力ベクトル画像37cは時々刻々変化する加工状態に伴って変化し表示される。なお、画面37上のワーク画像37aおよび工具画像37bは、上位コントローラ（図示せず）あるいは装置内に持つCAMデータおよび工作機械を動作させるプログラムの情報をもとに表示するか、オペレータが好みの形状を入力できるような入力機能を装置内に備えて表示するようにしても良

い。

【0051】このように上記実施例1によれば、画面表示部36の画面37に、ワーク画像37a、工具画像37bおよび力ベクトル画像37cを、加工状態の変化に応じて表示するようにしているので、オペレータは画面37上から視覚的に確認できるため、加工状態のチェック、加工中の異常の発見および加工条件の修正が容易に行えるようになる。

【0052】実施例2. 図4はこの発明の実施例2における工作機械制御装置の要部の構成を示すブロック図、図5は図4に示す画面表示部の構成を示す図、図6は図5に示す力ベクトルを3方向に分解した成分を示す図である。図において、39は工作機械の動作を指令する指令値を生成して出力する指令値生成部、40a、40b、40cは位置/速度制御部、41a、41b、41cは電流制御部である。

【0053】42aはワーク31を回転させる主軸43aを駆動するための主軸モータ、42bは工具を移動させるX方向送り軸（以下X軸と称す）43bを駆動するためのX軸モータ、42cは工具を移動させるZ方向送り軸（以下Z軸と称す）43cを駆動するためのZ軸モータ、44a、44b、44cは加工時に各モータ42a、42b、42cを流れる電流から、非加工時に流れる電流（以下駆動電流と称す）を分離し、加工に実際に費やされる電流の値を出力する駆動電流分離部、45は各駆動電流分離部44a、44b、44cの出力に基づいて力ベクトルの方向および大きさを算出する力ベクトル計算部、37dは力ベクトルの方向を示すための座標系、37eはこの座標系37d上に力ベクトル計算部45で算出される方向および大きさを表示される力ベクトル画像である。

【0054】次に、上記のように構成された実施例2における工作機械制御装置の動作について工作機械が旋盤の場合を例に説明する。まず、指令値生成部39から指令が送出されると、各位置/速度制御部40a、40b、40cおよび各電流制御部41a、41b、41cを介して、主軸モータ42a、X軸モータ42bおよびZ軸モータ42cが駆動され、主軸43aが回転してワーク31を回転させるとともに、X軸43bおよびZ軸43cが回転して工具を所望の位置に移動させ加工が開始される。

【0055】この時、加工は主軸43aの回転中心に対して水平方向から行われるため、加工中の主軸モータ42a、X軸モータ42bおよびZ軸モータ42cには、空送り動作時（非加工動作時）に比べて、Y方向、X方向およびZ方向の切削力に対応するトルクがそれぞれ加わる。このため、主軸モータ42a、X軸モータ42bおよびZ軸モータ42cには、この加工による電流分が駆動電流に加算された電流が流れる。

【0056】今、図5に示す力ベクトル37eは、図6

に示すように、X、Y、Z方向の各成分 F_x 、 F_y 、 F_z にそれぞれ分解される。そして、これら各成分 F_x 、 F_y 、 F_z は、それぞれX軸43b、主軸43aおよびZ軸43cの加工中の切削力による電流増加分から求められるということは容易に理解し得るところである。

【0057】したがって、各駆動電流分離部44a、44b、44cでは、予め非加工動作時に必要な各モータ電流、すなわち駆動電流を測定しておき、加工時に主軸モータ42a、X軸42bおよびZ軸モータ42cに流れる電流から各駆動電流を減算することにより、加工による各電流増加分を求めて出力し、この出力から力ベクトル計算部45では切削点における力の各成分 F_x 、 F_y 、 F_z を下記式(1)、(2)、(3)によって求め、この結果に基づいて画面表示部36の画面37上には力ベクトル画像37eが表示される。

【0058】すなわち、

$$F_x = i_x \cdot T_x \cdot n_x \cdots \cdots (1)$$

$$F_y = i_y \cdot T_y / Y \cdots \cdots (2)$$

$$F_z = i_z \cdot T_z \cdot n_z \cdots \cdots (3)$$

但し、 i_x 、 i_y 、 i_z はそれぞれX軸モータ42b、主軸モータ42a、Z軸モータ42cをそれぞれ流れる電流の増加分、 T_x 、 T_y 、 T_z はそれぞれX軸モータ42b、主軸モータ42a、Z軸モータ42cの各トルク定数、 n_x 、 n_z はそれぞれX軸43b、Z軸43cの減速比、すなわち機械を単位量移動させるためのモータ回転量、Yはワークの半径である。

【0059】このように上記実施例2によれば、力ベクトル37eを単なる座標系37d上のベクトルとして表示するようにしたので、オペレータは工具とワークとの位置関係を意識しながら力ベクトルを確認する必要があるが、力の情報を視覚的に確認できるため、加工状態のチェック、加工中の異常の発見、加工条件の修正等に十分な効果が得られる。又、力ベクトル37eの各成分 F_x 、 F_y 、 F_z を、それぞれX軸43b、主軸43a、Z軸43cの加工中の切削力による電流増加分から求めるようにしているので、上記式(1)、(2)、(3)で示すように簡単な計算で算出することができる。

【0060】実施例3. なお、上記実施例2によれば、加工中の切削力による電流増加分から力ベクトルを求める場合について説明したが、同一出願人が先に出願した特願平5-77404号に示される電流フィードフォワードを用いたサーボ系のフィードバック側電流指令値を用いても良く、上記実施例2の場合と同様に式(1)、(2)、(3)による簡単な計算で力ベクトルを求めることができる。

【0061】実施例4. なお、上記各実施例は旋盤による旋削加工を例にした場合について説明したが、その他の切削加工においても力ベクトルの表示を行うことができる。図7はエンドミル加工において力ベクトル表示を行った例を示す図であり、図中、37fは工具としての

エンドミル画像、37gはワーク画像、37hは力ベクトル画像である。

【0062】このように、例えばマシニングセンタによるミーリング加工における力ベクトル画像37hの表示も、マシニングセンタでは少なくともX、Y、Z方向の送り軸が存在するため、上記実施例3と同様に加工中の切削力による電流増加分から求めることから可能になる。さらに、主軸モータやC軸等の付加軸モータの電流値を用いることにより、必要最少限以上の情報が得られ、より信頼性の高い力ベクトル表示が可能となる。

【0063】実施例5. 又、エンドミル等のように複数の刃を持つ工具を回転させて行う加工では、工具の回転角度により工具から見た刃とワークとの接触点の位置が変化するため、力ベクトルの方向は正常な切削時でも、主軸の回転数と工具の刃数の積の周波数 f とで周期的に変化する。したがって、この周波数 f あるいは f の整数分の1倍の周波数に同期したタイミングで力ベクトルを表示するようにすれば、力ベクトルの変化が少なくなり切削状況の判断が容易になる。

【0064】実施例6. 又、上記実施例5では主軸の回転数と工具の刃数の積の周波数 f あるいは f の整数分の1倍の周波数に同期したタイミングで力ベクトルを表示する場合について説明したが、同等の周波数に相当する時間間隔内における複数の力ベクトルを平均したものを表示するようにしても、上記実施例5の場合と同様に、力ベクトルの変化が少なくなり切削状況の判断が容易になる。

【0065】実施例7. 又、上記各実施例において表示される各力ベクトルのうち、いずれかを組み合わせて同時に表示するようにすれば、より多くの情報を得ることができさらに有効となる。

【0066】実施例8. 又、上記各実施例においては、工具とワークの接触点に加わる3次元空間上の力ベクトルを表示する場合について説明したが、表示するベクトルは厳密な空間上ベクトルである必要はなく、複数方向の力の情報を含むものであればよく、たとえば各モータ軸に流れる電流値をそのまま仮想的な空間上にプロットしたものや次元の異なるトルクをそのまま1つの画面にプロットしたものであってもよい。そして、このような表示を行うことにより、多面的な表示ができるようになり状況把握がより有効となる。

【0067】実施例9. 図8はこの発明の実施例9における工作機械制御装置の要部の構成を示す図である。図において、図4に示す実施例2におけると同様な部分は同一符号を付して説明を省略する。46は力ベクトル計算部45で得られる力ベクトルを解析することにより、加工中における工具の折損、チッピング、工具とワークとの通常加工開始時以外の衝突、加工中のビビリといった異常状態および工具の摩耗量の状態を認識する加工状況判定部である。

【0068】以下、加工状況判定部46で行われる各状態の認識動作について説明する。まず、工具の摩耗が生じると、切削力は大きくなりベクトルの方向も変化する。この変化は緩やかで僅かであるため、ある時間間隔の切削力ベクトルを平均して高周波の変動成分を取り除き、その平均ベクトルの時間変化から工具摩耗の大きさを認識して出力する。そして、図示しない表示装置により、認識された工具摩耗の大きさは表示される。すなわち、このようにすれば、工具摩耗の様子から工具寿命を予め判断して、異常に至る前に工具を交換することができる。

【0069】又、工具の折損が生じると、プログラム通りに工作機械が動作しても工具とワークが離れて加工が行われない場合がある。このような場合には正常時に比べ切削力ベクトルが小さくなり、また、刃先のチップングのように軽微な損傷で通常の加工が行われる場合には、切削力ベクトルに工具摩耗が急激に進行したような現象が現れるので、これらをそれぞれ検知して工具の折損およびチップングであることを認識して出力し、図示しない表示装置によって表示する。すなわち、このようにすれば、工具の折損およびチップングが容易に検出でき、タイミングの良い工具交換が可能になる。

【0070】又、ビビリが生じると、切削力ベクトルは周波数が高くなり、且つベクトルの大きさおよび方向に大きなバラツキが生じる。したがってベクトルの大きさおよび方向のバラツキを表す指標となる分散を求め、また、通常の切削状態では、切削力ベクトルの変動にはカオス性が見られるが、ビビリが発生すると周期的な成分が多く見られるため、切削力ベクトルのカオス性を判定することによってビビリを認識し出力する。又、ビビリが生じると、切削力ベクトルの大きさおよび方向に大きなバラツキが生じ、且つその周波数が高くなる。したがってベクトルの大きさおよび方向のバラツキを表す指標となる分散を求め、ビビリを認識し出力する。そして、これを図示しない表示装置によって表示する。すなわち、このようにすれば、ビビリを容易に検知することができ、例えば切削速度の減少あるいは切り込み量の削減等といった加工条件の修正を行う等の対策が可能になる。又、通常の切削状態では、切削力ベクトルの変動にはカオス性が見られるが、ビビリが発生すると周期的な成分が多く見られるため、切削力ベクトルのカオス性を判定することによってビビリを認識し出力することも可能である。

【0071】又、工具とワークの通常加工開始時以外の衝突が生じると、切削力ベクトルは急激に大きく変化する。したがって、サンプリング時間毎の切削力ベクトルの大きさまたは方向が大きく変化した場合、これにより衝突が発生したことを認識して出力し、これを図示しない表示装置によって表示する。すなわち、このようにすれば、衝突を容易に察知して適切な対策を速やかに行

い、工作機械を早急に停止することができる。

【0072】実施例10. なお、上記実施例9では、各状態の認識表示については詳しく説明しなかったが、図9に示すように、画面37にワーク画像37a、工具画像37bおよび力ベクトル画像37cとともに、認識された異常、すなわち、例えば衝突であることを示す衝突マーク37iを表示する。なお、異常マークは予め各認識内容にそれぞれ応じて特有のマークが設定されている。すなわち、このようにすれば、視覚を通して加工中の異常の内容を容易に認識することができ、適切な対策を速やかに実行することができる。

【0073】実施例11. 又、上記実施例10では、各状態の認識表示を予め設定された特有のマークで表示する場合について説明したが、例えば画面37に表示された工具画像37bあるいは力ベクトル画像37cの色を変える、点滅させる等、画面37上で視覚的に各現象を区別して認識できるような手段を採用することにより、上記実施例10の場合と同様の効果を奏することは言うまでもない。

【0074】実施例12. 図10はこの発明の実施例12における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。図において、47は加工の動作を記述したプログラム、48はこのプログラム47に基づいて各軸の動作指令値を生成し出力する指令値生成部、49はこの指令値生成部48で生成された動作指令値に従って各軸を動作させ加工を実行する主軸・送り軸駆動部、50はこの主軸・送り軸駆動部49のモータ電流を基に動作中の異常を検知する異常検知部、51は異常が検知されると動作シーケンスを開始し、順次その動作指令を指令値生成部に送出する動作確認シーケンス制御部、52はこの動作確認シーケンス制御部51の動作指令と、主軸・送り軸駆動部49からの動作情報とを基に、機械や工具の損傷度合いを把握して加工を中止するか、加工のためのプログラム47を修正するか、あるいはワークや工具を交換するか等を決定して実行する機械状況判断部である。

【0075】次に、上記のように構成された実施例12における工作機械制御装置の動作について説明する。まず、指令値生成部48でプログラム47を解釈し、各軸モータへの動作指令値を生成して出力する。次いで、主軸・送り軸駆動部49では指令値生成部48から出力される動作指令値に従って各軸を動作させ加工を実行する。一方、異常検知部50では主軸・送り軸駆動部49のモータ電流を基に、加工動作中の異常、すなわち、衝突、工具摩耗大、工具損傷、ビビリ等の発生を監視する。

【0076】そして、監視の結果、異常検知部50で異常が検知されると、異常検知部50は指令値生成部48に異常の状況を送出する。次いで指令値生成部48では異常の状況に応じて、例えば衝突、工具損傷を検知した

場合には速やかに機械を停止、ヒビりを検知した場合には加工速度を低下、工具摩耗が許容値に近づいてきた場合には現加工終了後に工具交換等というように動作指令値を変更する。

【0077】又、異常検知部50では検知された異常が衝突、工具損傷といった機械や工具に関する損傷である場合には、動作確認シーケンス制御部51へもその情報を送出する。この情報を受けると、動作確認シーケンス制御部51では動作確認シーケンスを開始し、順次その動作命令を指令値生成部48に送出する。一方、機械状況判断部52では、動作確認シーケンス制御部51の動作命令と主軸・送り軸駆動部49からの情報とを基に、機械や工具の損傷度合いを把握し、加工を中止するか、加工のためのプログラム47を修正するか、あるいはワークや工具を交換するか等を決定し実行する。

【0078】次に、動作確認シーケンス制御部51および機械状況判断部52の動作を、図11および図12に示すフローにしたがって詳細に説明する。動作確認シーケンス制御部51により動作確認シーケンスが開始(ステップS₁)されると、まず、エンコーダが正常に動作しているか否かのエンコーダチェック(ステップS₂)を行い、異常の場合はその後の加工の実行は不可能と判断し、機械を停止(ステップS₃)して動作確認シーケンスを終了する。

【0079】次いで、エンコーダチェック(ステップS₂)の結果が正常な場合は、送り軸をこれまで動作させてきた方向とは逆方向に1パルス送って1パルス送りチェック(ステップS₄)を行い、送り軸の動作を確認する。そして、異常の場合は上記と同様にその後の加工の実行は不可能と判断し、機械を停止(ステップS₃)して動作確認シーケンスを終了する。1パルス送りチェック(ステップS₄)の結果が正常な場合は、送り軸をこれまで動作させてきた方向とは逆方向に、予め設定された一定距離だけ送って一定距離送り動作チェック(ステップS₅)を行い、さらに送り軸の動作を確認する。

【0080】一定距離送り動作チェック(ステップS₅)の結果、異常の場合には異常の度合いを評価して加工動作可能か否かを判断(ステップS₆)し、加工動作可能と判断された場合は、異常の度合いから動作の制限値を設定(ステップS₇)する。なお、異常の度合いの評価は、動作指令値に対する位置誤差の大きさ、および必要電流の大きさにより行う。例えば、機械に損傷が起これば摩擦がやや大きくなった場合、増加した摩擦量は必要電流の変化分により推定できる。又、動作の制限値は、摩擦の増加分が僅かである場合、その増加量に応じて最大速度、最大加速度の限界値を修正して設定する。一方、ステップS₆により加工動作が不可能と判断された場合は、機械を停止(ステップS₃)して動作確認シーケンスを終了する。

【0081】以上説明したエンコーダチェック(ステ

ップS₂)、1パルス送りチェック(ステップS₄)および一定距離送り動作チェック(ステップS₅)により、ワークと工具の食い込み等がなく移動が可能であることが確認できる。次に、送り軸を例えば座標原点等のような安全な位置まで移動(ステップS₈)させ、その後、ワークおよび工具をアンロード(ステップS₉)し、送り軸動作の衝突の起こらない領域を確保する。そして、送り軸を予め設定されたシーケンスにより衝突の起こらない全域で動作させ、全領域送り動作チェック(ステップS₁₀)を行う。

【0082】全領域送り動作チェック(ステップS₁₀)の結果、異常の場合には異常の度合いを評価して加工動作が可能か否かを判断(ステップS₁₁)し、加工可能と判断された場合は、異常の度合いから動作の制限値を設定(ステップS₁₂)する。そして、加工不可能と判断された場合は、機械を停止(ステップS₃)し動作確認シーケンスを終了する。一方、全領域送り動作チェック(ステップS₁₀)の結果、正常と判断されると、次いで主軸を回転させて動作指令通りに動作しているか否かの主軸動作チェック(ステップS₁₃)を行う。

【0083】主軸動作チェック(ステップS₁₃)の結果、異常の場合には異常の度合いを評価して加工動作が可能か否かを判断(ステップS₁₄)し、加工可能と判断された場合は、異常の度合いから動作の制限値を設定(ステップS₁₅)する。そして、加工可能と判断された場合は、機械を停止(ステップS₃)し動作確認シーケンスを終了する。一方、主軸動作チェック(ステップS₁₃)の結果正常と判断されると、ステップS₉でアンロードされたワークおよび工具を再度ロード(ステップS₁₆)させ、工具長さのチェック(ステップS₁₇)を行う。

【0084】そして、工具が異常であれば工具を交換(ステップS₁₈)し、再度工具長さのチェック(ステップS₁₇)を行って工具が正常であることを確認した後、ワーク位置およびワーク形状を予め設定された手順によりワークチェック(ステップS₁₉)し、異常があればワークを交換(ステップS₂₀)して再度ワークチェック(ステップS₁₉)を行いワークが正常であると確認されると、工作機械に用意された動作確認ワークを用いて、ステップS₁₆で確認できた正常な工具により予め設定された手順で試し削りチェック(ステップS₂₁)を行い、正常な加工ができるか否かの確認を行う。

【0085】試し削りチェック(ステップS₂₁)の結果、正常な加工が実現できなければ、加工動作が不可能と判断して機械を停止(ステップS₃)し動作確認シーケンスを終了する。一方、正常な加工ができた場合は、動作確認シーケンスを終了して通常の加工に復旧(ステップS₂₂)する。そしてこの復旧に際しては、動作確認シーケンス中の各ステップS₂、S₁₁、S₁₃において制限値の設定が行われている場合には、その後の加工は制

限値の大きさに応じて加工速度を低下して行う。

【0086】このように上記実施例12によれば、加工中に異常が検知されると動作確認シーケンスにより機械の各動作チェックを順次実行し、加工動作が不可能と判断される場合は機械を停止し、加工動作が可能と判断される場合には異常の度合いに応じてそれぞれ動作の制限値を設定し、この制限値の大きさに応じて加工速度を低下させ復旧するようにしているので、無人運転中に多量の不良品を発生させることもなく、又、些細な異常で加工を中止させて生産性を低下させる等といったことも防止される。

【0087】実施例13. なお、上記実施例12では、工作機械の加工の段階で発生する可能性のある全ての損傷を順にチェックする場合について説明したが、検知される異常の種類に応じて複数の動作確認シーケンスを予め設定しておき、異常の種類に応じて使い分けるようにしても良い。図13は工具異常を検知した場合の動作確認シーケンスの例を示すフロー図である。まず、工具異常検知時動作確認シーケンスが開始(ステップS₁₁)されると、工具チェック(ステップS₁₂)が行われ、工具が異常であれば工具を交換(ステップS₁₃)して再度工具チェック(ステップS₁₂)を行って工具が正常であることを確認する。

【0088】工具が正常であることが確認されると、ワーク位置およびワーク形状を予め設定された手順によりワークチェック(ステップS₁₄)し、異常があればワークを交換(ステップS₁₅)して再度ワークチェック(ステップS₁₄)を行いワークが正常であると確認されると、工作機械に用意された動作確認ワークを用いて、ステップS₁₆で確認できた正常な工具により予め設定された手順で試し削りチェック(ステップS₁₇)を行い、正常な加工ができるか否かの確認を行う。

【0089】試し削りチェック(ステップS₁₇)の結果、正常な加工ができた場合は、動作確認シーケンスを終了して通常の加工に復旧(ステップS₁₈)し、異常が確認された場合は、工具、ワーク以外の異常が存在すると考えられるため、図11に示した全体動作確認シーケンスに移行(ステップS₁₉)して他の異常のチェックを行う。このように上記実施例13によれば、検知される異常の種類に応じて複数の動作確認シーケンスを予め設定しておき、検知された異常の種類に応じた動作確認シーケンスにより動作のチェックを実行するようにしているので、上記実施例12におけると同様の効果を奏することは勿論のこと、動作のチェックを短時間で済ませることができ、チェック効率ならびに生産性の向上を図ることが可能になる。

【0090】実施例14. 又、上記各実施例12、13では、試し削りチェックを行うための動作確認用ワークについては詳しく説明しなかったが、この実施例ではもう少し詳しく説明する。図14はこの発明の実施例14

における工作機械の要部の構成を示す斜視図であり、図において、53はマシニングセンタ、54は主軸に取り付けられた工具、55はワーク、56は通常加工中には加工の妨げにならない場所に設置され移動可能なワーク台、57はこのワーク台56に取り付けられた動作確認用ワークで常備されている。

【0091】試し削りチェックを行う場合、正規のワーク55は安全な位置に移動して待避させ、次にワーク台56を移動させて動作確認用ワーク57を試し削り実行位置に固定する。そして、この動作確認用ワーク57の試し削りを行い、加工中における各軸モータ電流、位置情報等を予め行われた正常加工時のデータと比較することにより、工作機械の正常、異常の判定を行う。このように上記実施例14によれば、工作機械自身にワーク55とは別に動作確認用ワーク57を常備するようにしたので、試し削りに手間がかからず、ひいては生産性の向上に寄与することができる。

【0092】実施例15. 図15はこの発明の実施例15における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。図において、58は加工の動作を記述したプログラム、59はこのプログラム58を基に通常モードの動作指令値を生成する通常モード指令値生成部、60は慎重モードの動作指令値を生成する慎重モード指令値生成部、61は現状の工作機械の運転状況を判断し、通常モードあるいは慎重モードのいずれの動作指令値を使用するかを決める運転状況判断部、62はこの運転状況判断部61からの情報により動作指令値を選択して出力する指令値選択部、63はこの指令値選択部62で選択された動作指令値に従って各軸を動作させる主軸・送り軸駆動部である。

【0093】次に、上記のように構成された実施例15における工作機械制御装置の動作について説明する。まず、通常モード指令値生成部59ではプログラム58を解釈し、各軸モータへの通常モード動作指令値を生成して出力する。一方、慎重モード指令値生成部60では予め設定された慎重モードのパラメータとプログラム58を基に、通常モード動作指令値より単位時間当たりの切削量を所望の値だけ低く、すなわち、具体的に例えば送り速度や加工速度を低下させて設定された慎重モード動作指令値を生成して出力する。そして、運転状況判断部61では現在行われている工作機械の運転状況を判断して、通常モード動作指令値と慎重モード動作指令値のどちらを使用すべきかを決定する。

【0094】このいずれのモードの動作指令値を使用すべきかの判断は、例えば新たなプログラムで初めて工作機械を動作させる場合、加工中に異常が検知され復旧後初めて加工が行われる場合等は慎重モード動作指令値の方が選択される。このようにして運転状況判断部61でいずれのモードの動作指令値を使用するかが決められると、指令値選択部62ではこの決定を基に動作指令値を

選択して出力する。そして、主軸・送り軸駆動部63はこの選択された動作指令値に従って各軸を動作させ加工を実行する。このように上記実施例15によれば、通常モードの動作指令値と慎重モードの動作指令値とを生成し、運転状況に応じて動作指令値を選択しているので、些細な異常が発生している場合には、通常モードより例えば送り速度や加工速度を低下させた慎重モードで運転されるため、無理な加工が行われることもなく、事故の発生を防止することができる。

【0095】実施例16. なお、上記実施例15では慎重モード指令値生成部60が1台で、設定される慎重モード動作指令値が1つの場合について説明したが、慎重モード指令値生成部を複数台設けて、それぞれにおいて異なる慎重モード動作指令値を生成し、工作機械の運転状況に応じてそれらを選択するようにしても良く、上記実施例15の場合と同様の効果を発揮し得ることは勿論のこと、さらに細かく異常の状況に対応することができるようになる。

【0096】実施例17. 又、例えば上記実施例12において各チェック毎に設定される各制限値を、慎重モード動作指令値として用いるようにしても良く、上記実施例15の場合と同様の効果を発揮し得ることは勿論のこと、慎重モード指令値生成部でわざわざ指令値を生成する手間が省けて制御が簡単になる。

【0097】実施例18. 図16はこの発明の実施例18における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図、図17は図16における補正データ記憶部に記憶された補正値を示す図である。図において、64は指令値発生部、65は制御部、66は制御対象としての工作機械、67はこの工作機械66に取り付けられたワークまたは工具の各位置または回転角度に応じて変化する例えばクーロン摩擦やバックラッシュの上記各位置にそれぞれ対応して設定された補正値を記憶し、工作機械66の動作中の状態に応じて各補正値を制御部65に送出する補正データ記憶部である。

【0098】次に、上記のように構成された実施例18における工作機械制御装置の動作を図18および図19のフローに基づいて説明する。まず、補正データ記憶部67は図18に示すように制御が開始されると、工作機械66からの情報を順次取り込んで、現在の動作位置(X、Y)の入力(ステップS₁₁)を行い、現在の動作位置(X、Y)における摩擦の補正値[F_x(x、y)、F_y(x、y)]と、バックラッシュの補正値[B_x(x、y)、B_y(x、y)]とを、予め設定して記憶した図17(A)、(B)から求め(ステップS₁₂)て、その値を制御部65に順次出力(ステップS₁₃)する。

【0099】一方、制御部65では図19に示すように制御が開始されると、指令値発生部64からの動作指令値を基に、摩擦やバックラッシュの値を考慮に入れて工

作機械66の動作を制御するわけであるが、補正データ記憶部67から順次出力される摩擦やバックラッシュの補正値を入力(ステップS₁₁)すると、この補正値を元の摩擦やバックラッシュの値にそれぞれ置き換え(ステップS₁₂、S₁₃)て、トルク補正値および位置補正値とし工作機械66の動作を制御する。

【0100】このように上記実施例15によれば、補正データ記憶部67に、工作機械66に取り付けられたワークまたは工具の各位置または回転角度に、それぞれ対応したクーロン摩擦やバックラッシュの補正値を記憶しておき、この補正値により動作状態にそれぞれ対応した補正制御を行っているので、例えば状態観測器のモデル化誤差によって生じる補正値推定誤差等に影響されることなく、正確な動作制御ができるようになる。

【0101】実施例19. なお、クーロン摩擦やバックラッシュは、各軸の回転方向が反転する時に大きく変動し、同方向の回転を続行している間はあまり変動しないので、図20のフロー図に示すように、図19のフロー図において、ステップS₁₁の動作を行う前に軸の回転方向が反転したか否かの判断(ステップS₁₄)をし、反転した時にのみ以下の各ステップS₁₁~S₁₃を実行するようにしても良く、上記実施例18と同様の効果を奏することは勿論のこと、制御が簡略化されるという効果が得られる。

【0102】実施例20. なお、上記実施例18では、摩擦やバックラッシュの補正値を、図17(A)、(B)に示すように動作の領域を有限の区域に分割してその中心での値としているが、その周辺の値を補完するようにすれば、領域の変化点で補正値が急激に変化することもなくなり、なめらかな補正制御が可能になる。

【0103】実施例21. 図21はこの発明の実施例21における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。図において、指令値発生部64、制御部65および工作機械66は、図16に示す実施例18におけると同様なので同一符号を付して説明を省略する。68は予め例えば被加工材がアルミニウム、鋼材等というように加工の内容に対応して設定されたクーロン摩擦やバックラッシュの補正値を記憶し、実行される加工の内容に応じた補正値を出力する補正データ記憶部、69は実行される加工の内容を察知して順次補正データ記憶部68へ出力する加工仕様記憶部である。

【0104】上記のように構成された実施例21によれば、補正データ記憶部68において、工作機械66に取り付けられたワークや工具の各位置または回転角度に応じて変化する例えばクーロン摩擦やバックラッシュの各位置または回転角度にそれぞれ対応した補正値を、加工の内容毎に設定して記憶しておき、加工仕様記憶部69で逐一察知され送出されてくる加工の内容に応じた補正値を、順次制御部65に出力するようにしているので、加工内容に影響されることなく正確な制御が可能にな

る。

【0105】実施例22. なお、上記実施例21では、補正データ記憶部68から制御部65へ出力される補正值は、工具の位置またはこれに加えて加工の内容にそれぞれ対応したものとして説明したが、例えば補正值の例として示した図17において、縦軸に工具の種類、横軸に被加工材料を設定し、これらパラメータにそれぞれ対応した補正值を予め設定して記憶するようにしても良く、上記実施例21と同様の効果を奏することは勿論である。

【0106】実施例23. 又、上記各実施例では、工具の位置や回転角度あるいは加工の内容に応じて補正值を設定する場合について説明したが、これらに加えて工具の姿勢、工作機械本体の温度、室温、電源投入後の経過時間等をパラメータとして設定しても良く、さらに木目細やかな加工制御が可能になる。

【0107】実施例24. 又、上記各実施例では、状態量としてクーロン摩擦やバックラッシュを適用した場合について説明したが、ロストモーション、移動形状に応じたドループ量、加工形状や材質に応じて変わるオーバーライド量等を状態量として適用できることは言うまでもない。

【0108】実施例25. 図22はこの発明の実施例25における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。図において、図21に示す実施例2におけると同様な部分は同一符号を付して説明を省略する。70は図23にフローで示すように複数点での測定に必要な動作指令値を発生して出力する指令値発生部、71はこの指令値発生部からの開始指令により、図24にフローで示すように上記複数点でのバックラッシュおよびクーロン摩擦の値を求め、この値を補正データ記憶部68に順次入力して、予め記憶されている補正值を更新する補正データ更新部である。

【0109】まず、図23に示すように、指令値発生部70は開始点(X_{s1} 、 Y_{s1})、終了点(X_{ex} 、 Y_{ex})および変化量(ΔX 、 ΔY)を補正データ更新部71から入力(ステップ S_{71})し、開始点近傍でX軸およびY軸に対して微小円($\phi 5\text{ mm}$)運動指令を与える(ステップ S_{72})とともに、補正データ更新部71へ測定開始を指示(ステップ S_{73})する。そして、X軸方向に開始点(X_{s1})から終了点(X_{ex})に到達するまで、予め設定された複数の測定点における運動指令を与える(ステップ S_{74})。次いで、Y軸方向に開始点(Y_{s1})から終了点(Y_{ex})に到達するまで、予め設定された複数の測定点における運動指令を与え(ステップ S_{75})、両軸方向の測定が終了すると補正データ更新部72へ測定終了を指示(ステップ S_{76})する。

【0110】一方、補正データ更新部71では図24に示すように、まず、指令値発生部70からの測定開始の指示を確認(ステップ S_{81})する。次いで、軸の方向が

反転(ステップ S_{82})した時のモータ電流の変化から摩擦の大きさを判定(ステップ S_{83})するとともに、モータに取り付けられたエンコーダとリニアスケールでそれぞれ検出される値の差からバックラッシュを演算(ステップ S_{84})する。次いで、さらに軸の方向が反転(ステップ S_{85})した時のモータ電流の変化から摩擦の大きさを判定(ステップ S_{86})するとともに、モータに取り付けられたエンコーダとリニアスケールでそれぞれ検出される値の差からバックラッシュを演算(ステップ S_{87})

10 する。次いで、上記のようにして判定、演算された各測定点における両反転方向の摩擦およびバックラッシュの平均値を求め、補正データ記憶部68に順次送出(ステップ S_{88})して記憶させ、補正データの更新を行う。そして、指令値発生部70からの測定終了指示が確認(ステップ S_{89})されると測定を終了する。

【0111】このように上記実施例25によれば、工作機械に測定のための動作を実行させ、補正データ更新部71によりこの動作中における各測定点の摩擦およびバックラッシュを判定、演算し、この値を補正データ記憶部68に順次記憶させることにより、補正データの更新を行うようにしているので、工作機械の設置される環境が変化しても常に正確な動作制御を実行することができる。

【0112】実施例26. なお、上記実施例25では、補正值を求める際に1回の円運動により実行するようにしているが、複数回実行して平均をとるようにすれば、さらに正確な補正值を得ることができ、正確な動作制御が可能になる。

【0113】実施例27. 又、上記実施例25では、補正值として両反転方向の値を平均して求めるようにしているが、それぞれの方向に対する補正值を別個に記憶させるようにしても良く、上記実施例25と同様の効果を得ることができる。

【0114】実施例28. 図25はこの発明の実施例28における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。図において、図22に示す実施例25におけると同様な部分は同一符号を付して説明を省略する。72は指令値発生部70で生成される指令値と、工作機械66の動作状態とから工作機械66の動作誤差を検出し、この誤差が予め設定された所定の値を越えるとその結果を補正データ更新部71へ送出して、補正データ更新を指示する誤差判定部である。

【0115】このように上記実施例28によれば、誤差判定部72で工作機械66の動作誤差を検出し、この誤差が予め設定された値を越えると、補正データ更新部71に補正データ更新を指示して、上記実施例25で説明したと同様の動作過程を経て補正データ記憶部に記憶された補正データを更新するようにしているので、常に適切な補正值を自動的に生成することができ、さらに正確な動作制御が可能になる。

【0116】実施例29. なお、上記実施例28では、工作機械66の動作誤差が所定の値を越えると補正データを更新するようにしているが、誤差の程度に応じて補正値の更新方法を変更するようにしても良く、例えば誤差が設定値をやや越えた場合には、すぐには補正値の更新をせず、しばらく動作を継続し動作中の値から補正値を学習させ、又、誤差が設定値を大きく越えた場合には、すぐに補正値の更新を実施し、又、誤差が設定値をさらに大きく越えた場合には、補正値の更新はせず、異常と判断して工作機械66の動作を中止というような方法をとっても上記実施例28と同様の効果を発揮することが可能である。

【0117】

【発明の効果】以上のように、この発明の請求項1によれば、加工反力の方向と大きさを表示する加工反力表示部を備えたので、加工の状態を視覚的に容易に認識することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0118】又、この発明の請求項2によれば、切削点と、この切削点に作用する加工反力の方向および大きさを示す力ベクトルとを表示する加工反力表示部を備えたので、加工の状態を視覚的に容易に認識することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0119】又、この発明の請求項3によれば、加工反力の方向と大きさをワークと共に表示する加工反力表示部を備えたので、加工の状態を視覚的に容易に認識することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0120】又、この発明の請求項4によれば、請求項1ないし請求項3のいずれかにおける加工反力の方向と大きさは、主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値に基づいて算出するようにしたので、加工の状態を視覚的に容易に認識することが可能であることは勿論のこと、簡単な計算で容易に方向と大きさを算出することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0121】又、この発明の請求項5によれば、工作機械の異常を検知する異常検知部と、加工反力の方向と大きさを表示するとともに異常検知部で検知される異常をその認識内容に応じて予め設定された表示法で表示する加工反力表示部とを備えたので、視覚を通して加工中の異常の内容を容易に認識することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0122】又、この発明の請求項6によれば、請求項5における異常の認識を、工具の折損、チップング、切削工具とワークとの通常加工開始時以外の衝突、加工中のビビリおよび切削工具の摩耗量の少なくともいずれか一つを基に行うようにしたので、視覚を通して加工中の異常の具体的内容を容易に認識することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0123】又、この発明の請求項7によれば、請求項5における異常を、異常の認識内容に応じて予め設定されたマークで表示するようにしたので、視覚を通して加工中の異常の具体的内容を容易に認識することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0124】又、この発明の請求項8によれば、主軸および送り軸をそれぞれ駆動する各モータの電流値を基に加工反力の方向と大きさを算出する加工反力算出部と、加工反力の変化状態から加工中の異常を検知する異常検知部とを備えたので、加工中の異常の内容を具体的に検知することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0125】又、この発明の請求項9によれば、工作機械の異常を検知する異常検知部と、異常が検知されると予め設定された動作確認シーケンスで工作機械を動作させる動作確認シーケンス制御部と、動作確認シーケンス実行中の工作機械の動作状態から損傷の状況を順次判断する状況判断部とを備えたので、無人運転中に多量の不良品を発生させ、又、些細な異常で加工を中断させて生産性を低下させる等の事態が起きるのを防止することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0126】又、この発明の請求項10によれば、請求項9における動作確認シーケンスを、異常の種類に応じて複数設定するようにしたので、無人運転中に多量の不良品を発生させ、又、些細な異常で加工を中断させて生産性を低下させる等の事態が起きるのを防止することが可能であることは勿論のこと、動作のチェックを短時間で済ませてチェック効率ならびに生産性の向上を図ることが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0127】又、この発明の請求項11によれば、ワークとは別に動作確認用の第2のワークを常備するようにしたので、試し削りに手間がかからず、ひいては生産性の向上が可能な工作機械を提供することができる。

【0128】又、この発明の請求項12によれば、プログラムに基づき工作機械の通常動作を指令するための通常モード動作指令値を生成する通常モード動作指令値生成部と、プログラムを基に通常モード動作指令値より単位時間当たりの切削量を所望の値だけ低く設定した慎重モード動作指令値を生成する慎重モード動作指令値生成部と、工作機械の運転状況から通常モード動作指令値または慎重モード動作指令値のいずれか一方を選択して出力する動作指令値選択部とを備えたので、無理な加工を行うことなく、事故の発生を防止することが可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0129】又、この発明の請求項13によれば、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械に取り付けられたワーク且つ／または工具の各位置且つ／または回転角度を変数とする補正値を予め設定して記憶し工作機械の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応

する補正値を出力する補正データ記憶部と、補正データ記憶部から出力される補正値に基づいて工作機械を動作させる動作制御部とを備えたので、補正値推定誤差等に影響されことなく正確な動作制御が可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0130】又、この発明の請求項14によれば、請求項13における補正値を、加工の種類に対応させてそれぞれ複数ずつ設定するようにしたので、補正値推定誤差等に影響されことなく正確で且つ木目細かな動作制御が可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0131】又、この発明の請求項15によれば、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械の加工の種類を予め記憶し工作機械で実行されている加工の種類を順次出力する加工仕様記憶部と、工作機械の加工の種類にそれぞれ対応した補正値を予め設定して記憶し加工仕様記憶部から出力される加工の種類に対応した補正値を出力する補正データ記憶部と、補正データ記憶部から出力される補正値に基づいて工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたので、加工の内容に影響されことなく正確な動作制御が可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0132】又、この発明の請求項16によれば、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械に取り付けられたワーク且つ／または工具の各位置且つ／または回転角度を変数とする補正値を予め設定して記憶し工作機械の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する補正値を出力する補正データ記憶部と、工作機械の設置される環境の変化に応じて補正データ記憶部に記憶された補正値の更新を行う補正データ更新部と、補正データ記憶部から出力される補正値に基づいて工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたので、工作機械の設置される環境が変化しても常に正確な動作制御が可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【0133】又、この発明の請求項17によれば、工作機械の動作を指令する指令値を生成する指令値生成部と、工作機械に取り付けられたワーク且つ／または工具の各位置且つ／または回転角度を変数とする補正値を予め設定して記憶し工作機械の動作中におけるワークまたは工具の在る位置または回転角度に応じてそれぞれ対応する補正値を出力する補正データ記憶部と、指令値生成部で生成される指令値と工作機械の動作状態とから工作機械の誤差を検出し誤差あるいは誤差の評価値を演算しその結果を出力する誤差判定部と、誤差判定部の出力に応じて補正データ記憶部に記憶された補正値の更新を行う補正データ更新部と、補正データ記憶部から出力される補正値に基づいて工作機械の動作を制御する動作制御部とを備えたので、常に適切な補正値を自動的に生成することができ、ひいては正確な動作制御が可能な工作機械制御装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1における工作機械制御装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1における画面表示部の構成を示す図である。

【図3】図2における画面表示部の工作機械稼働中の状態を示す図である。

【図4】この発明の実施例2における工作機械制御装置の要部の構成を示すブロック図である。

【図5】図4における画面表示部の構成を示す図である。

【図6】図5に示す力ベクトルを3方向に分解した成分を示す図である。

【図7】エンドミル加工において力ベクトル表示を行った例を示す図である。

【図8】この発明の実施例9における工作機械制御装置の要部の構成を示す図である。

【図9】この発明の実施例10における工作機械制御装置の画面表示部の表示状態を示す図である。

【図10】この発明の実施例12における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図11】図10における動作確認シーケンス制御部および機械状況判断部の動作の一部を示すフロー図である。

【図12】図11に示す動作確認シーケンス制御部および機械状況判断部の動作の残部を示すフロー図である。

【図13】工具異常を検知した場合の動作確認シーケンスの例を示すフロー図である。

【図14】この発明の実施例14における工作機械の要部の構成を示す斜視図である。

【図15】この発明の実施例15における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図16】この発明の実施例18における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図17】図16における補正データ記憶部に記憶された補正値を示す図である。

【図18】図16における補正データ記憶部の動作を示すフロー図である。

【図19】図16における制御部の動作を示すフロー図である。

【図20】この発明の実施例19における工作機械制御装置の制御部の動作を示すフロー図である。

【図21】この発明の実施例21における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図22】この発明の実施例25における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図23】図22における指令値発生部の動作を示すフロー図である。

【図24】図22における補正データ更新部の動作を示すフロー図である。

【図25】この発明の実施例28における工作機械制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図26】従来の工作機械制御装置の要部の概略構成を示す図である。

【図27】従来の工作機械制御に適用される工具異常検知装置の構成を示すブロック図である。

【図28】従来の工作機械制御装置の制御系の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

31、55 ワーク

32、54 工具

35、45 カベクトル計算部

36 画面表示部

37 画面

37a ワーク画像

37b 工具画像

37c カベクトル画像

37d 座標系

37e カベクトル

39、48 指令値生成部

40a、40b、40c 位置／速度制御部

41a、41b、41c 電流制御部

42a 主軸モータ

42b X軸モータ

* 42c Z軸モータ

43a 主軸

43b X軸

43c Z軸

44a、44b、44c 駆動電流分離部

46 加工状況判定部

47、58 プログラム

49、63 主軸・送り軸駆動部

50 異常検知部

10 51 動作確認シーケンス制御部

52 機械状況判断部

57 動作確認用ワーク

59 通常モード指令値生成部

60 慎重モード指令値生成部

61 運転状況判断部

62 指令値選択部

64、70 指令値発生部（指令値生成部）

65 制御部

66 工作機械

20 67、68 補正データ記憶部

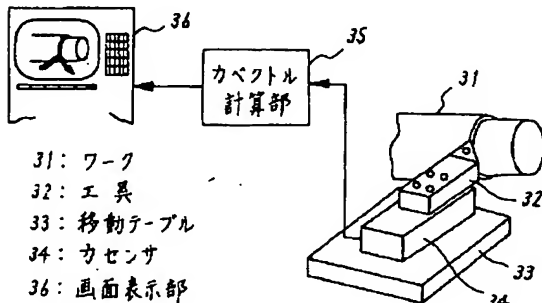
69 加工仕様記憶部

71 補正データ更新部

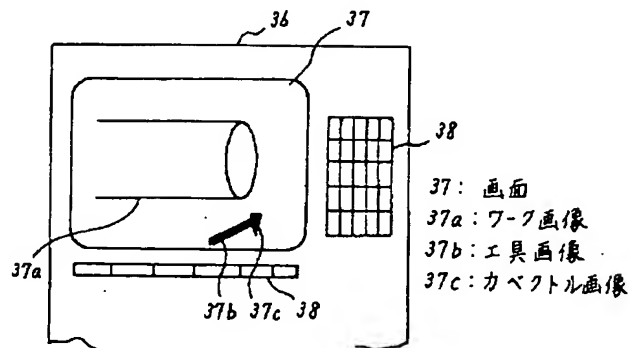
72 誤差判定部

*

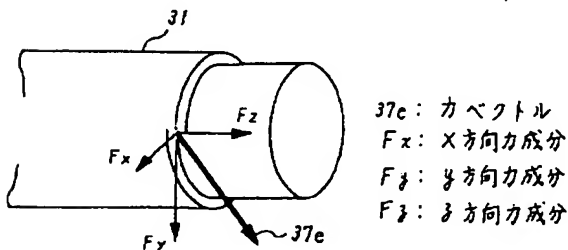
【図1】



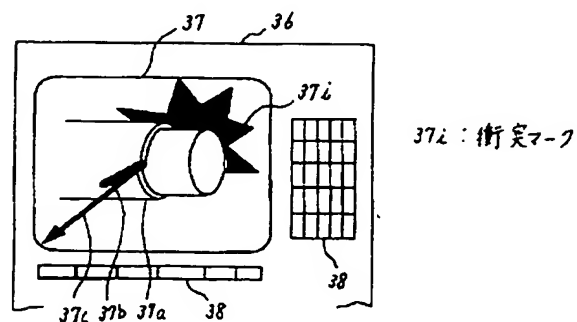
【図2】



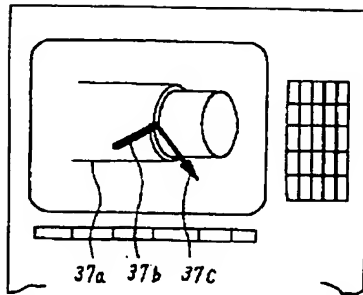
【図6】



【図9】

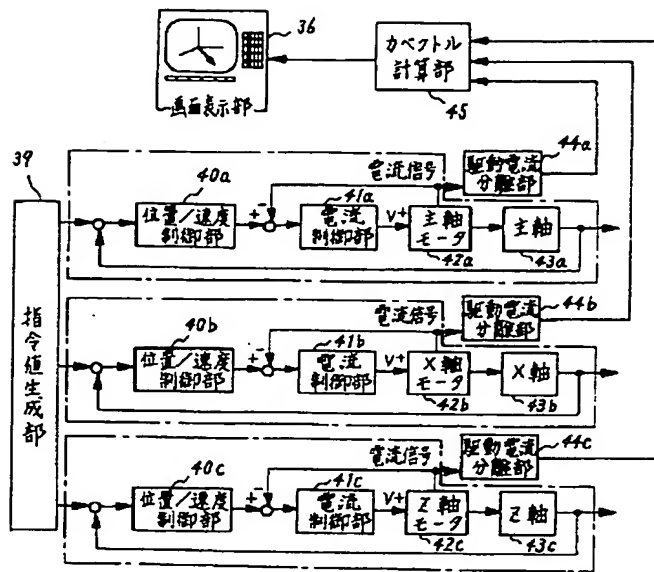


【図3】

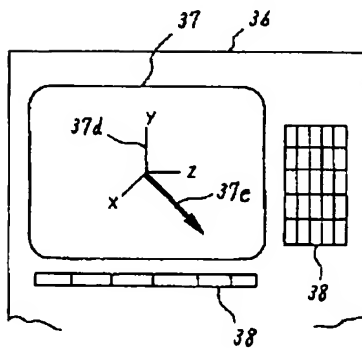


37a: ワーク画像
37b: 工具画像
37c: カベトル画像

【図4】

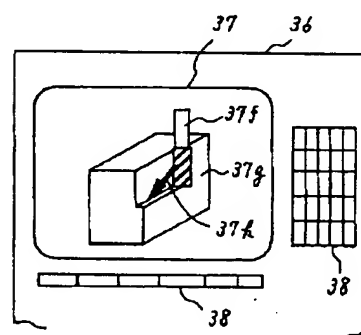


【図5】



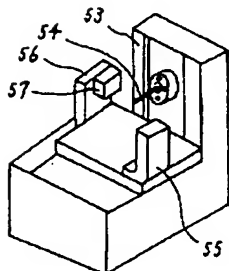
37d: 座標系
37e: カベトル

【図7】



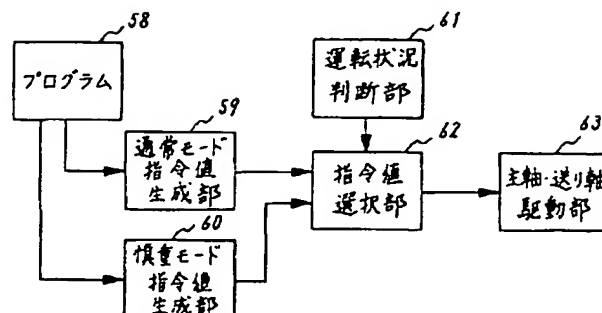
37f: エンドミル画像
37g: ワーク画像
37h: カベトル画像

【図14】

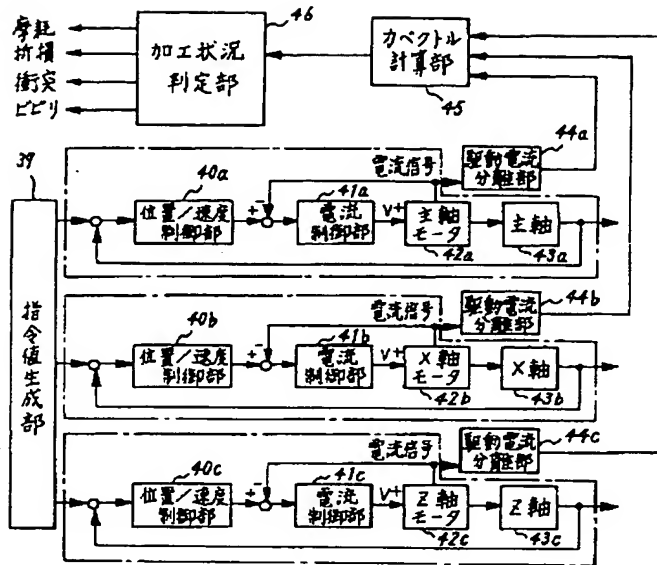


54: 工具
55: ワーク
56: ワーク台
57: 動作確認用ワーク

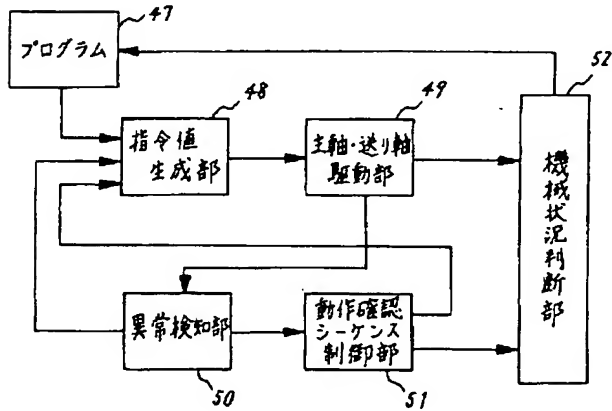
【図15】



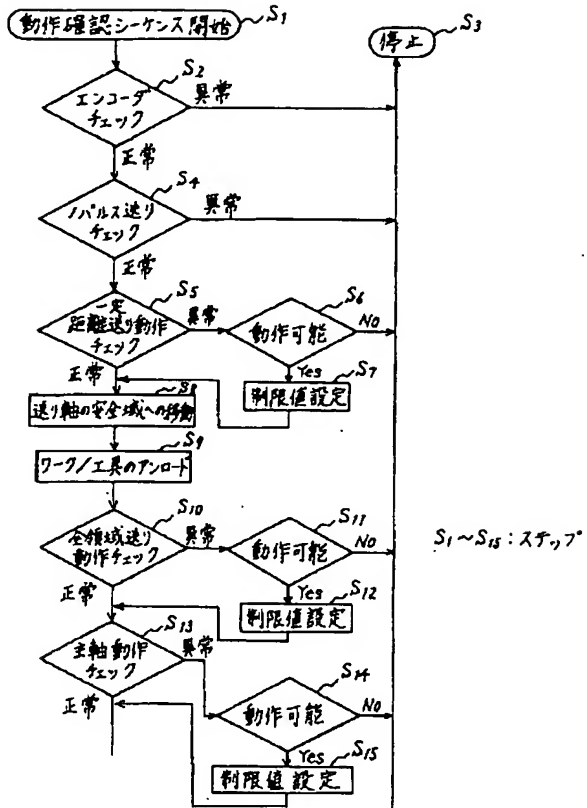
【図8】



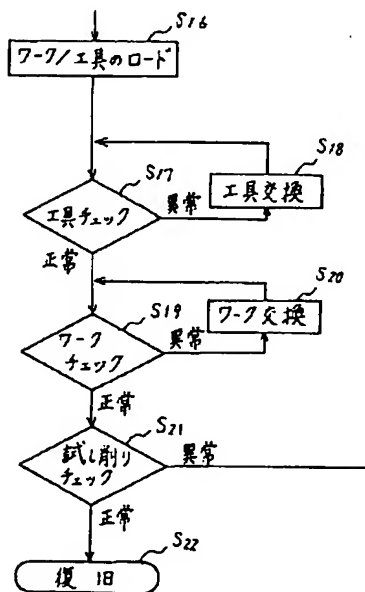
【図10】



【図11】

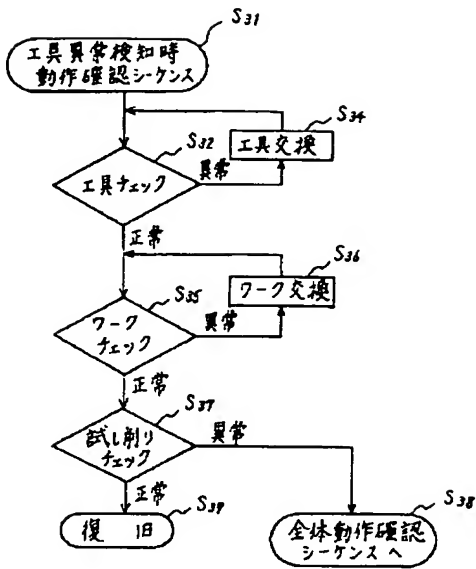


【図12】

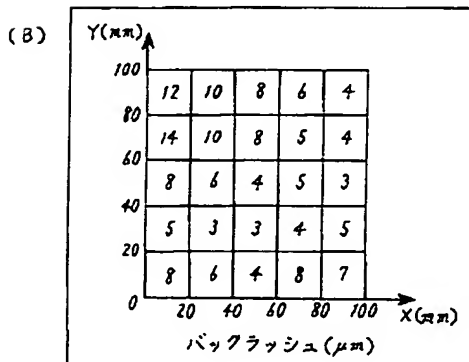
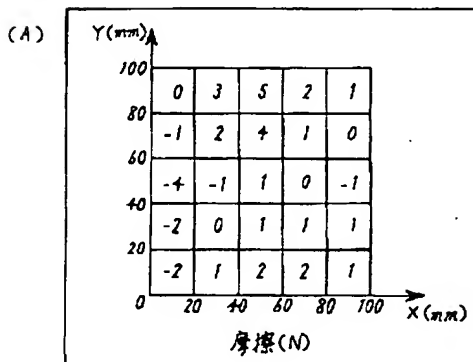


S16 ~ S22 : ステップ

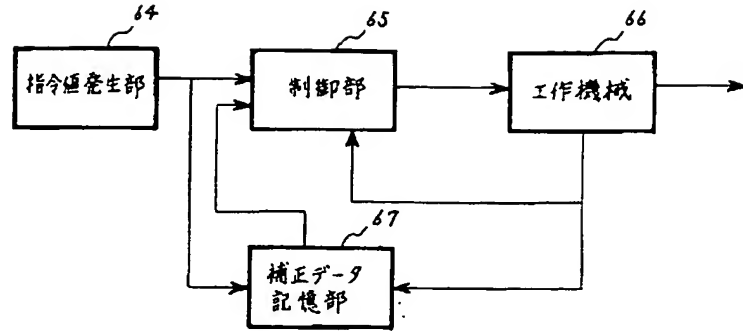
【図13】



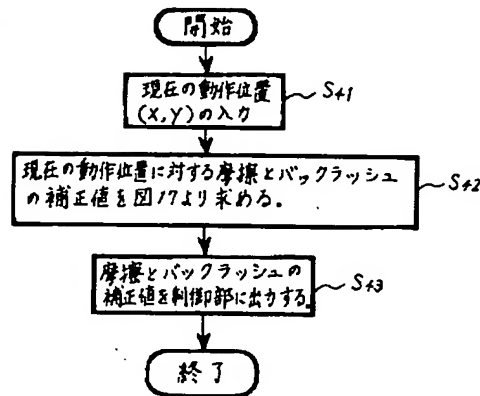
【図17】



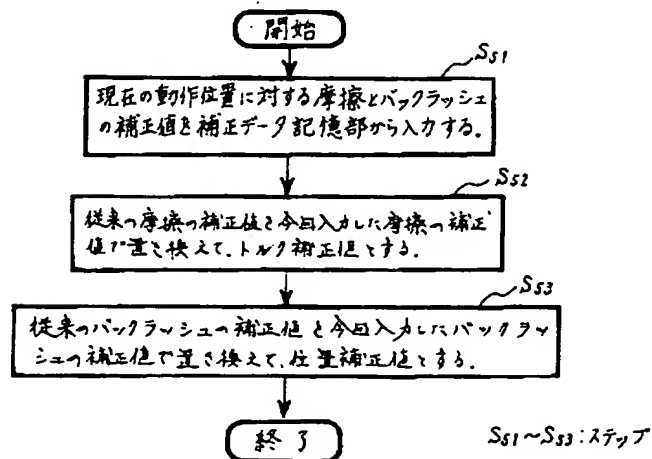
【図16】



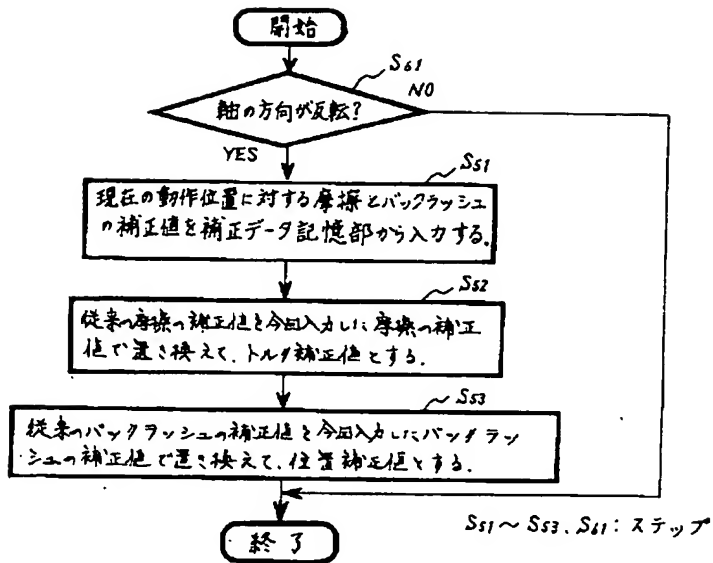
【図18】



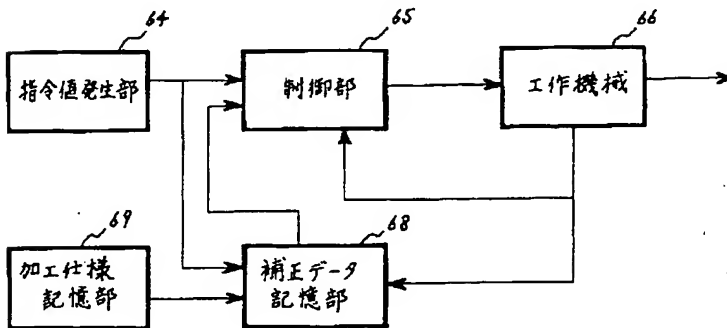
【図19】



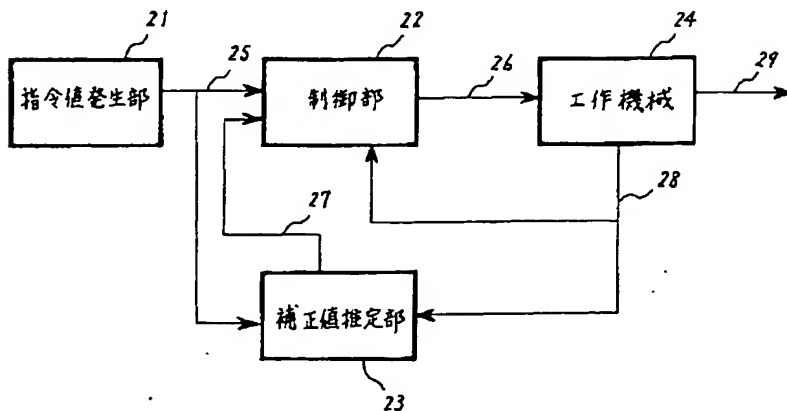
【図20】



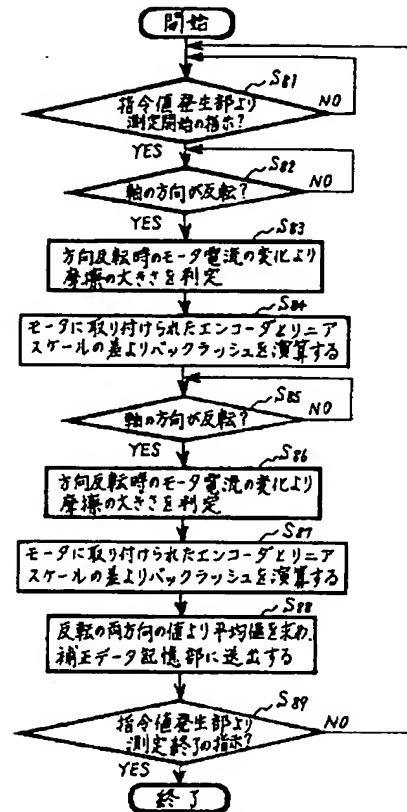
【図21】



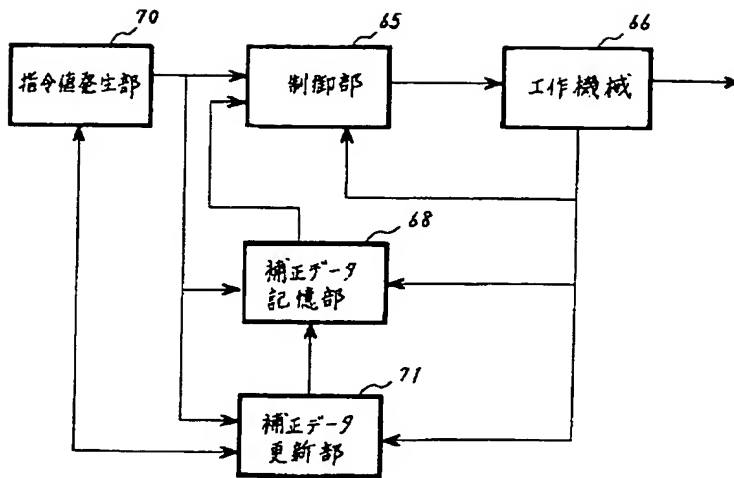
【図28】



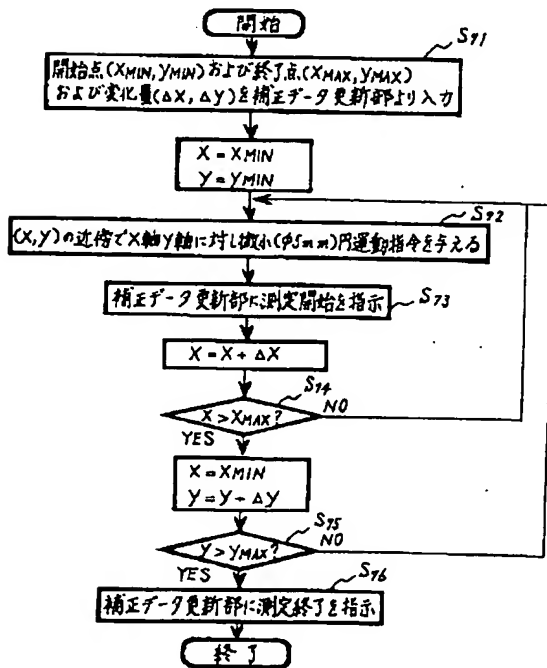
【図24】



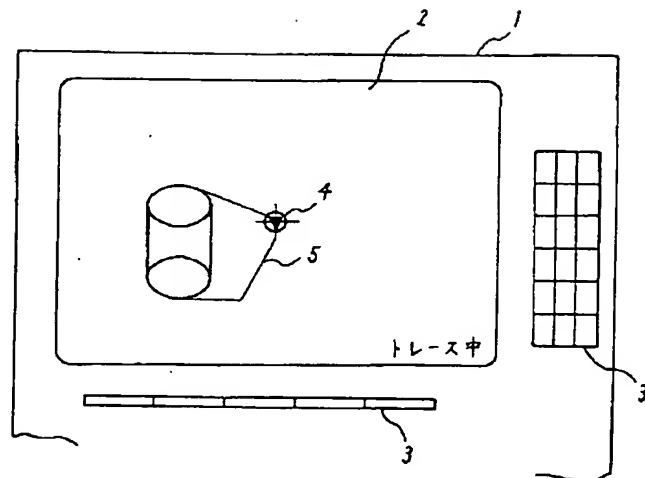
【図22】



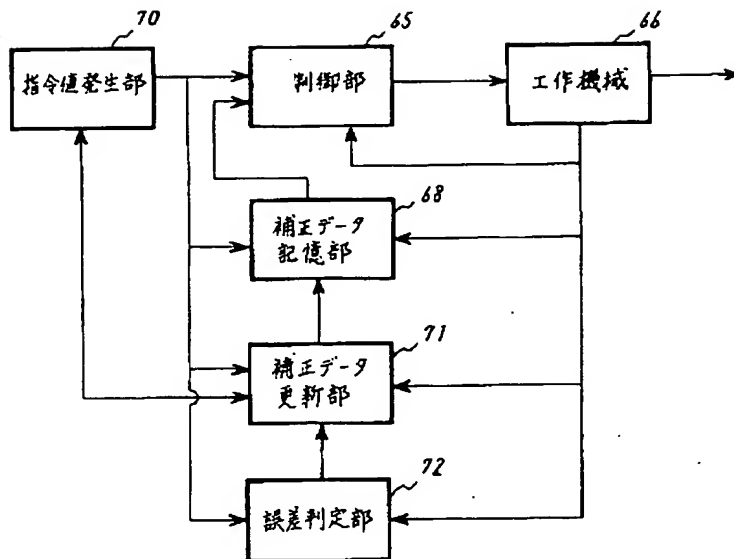
【図23】



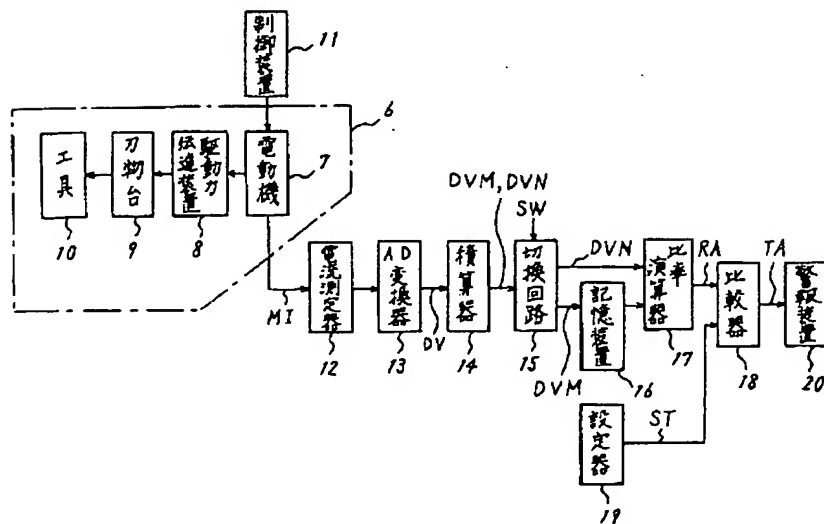
【図26】



【図25】



【図27】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

G 0 5 B 19/404

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7531-3H

G 0 5 B 19/18

E